# 「海洋の可視化」実現への取り組み

令和6年11月13日
防衛装備庁　艦艇装備研究所
海洋戦技術研究部　海洋戦闘指揮研究室

# 説明次第

1. 海洋の防衛に向けた取り組みの方向性
2. 海洋の可視化の実現にむけて
3. 研究テーマ①:海洋可視化ツールの構築
4. 研究テーマ②:音響測深儀の高機能化
5. まとめ・今後の展望

# 説明次第

# 1. 海洋の防衛に向けた取り組みの方向性

● **国家防衛戦略*** 防衛力の抜本的強化の7つの柱：

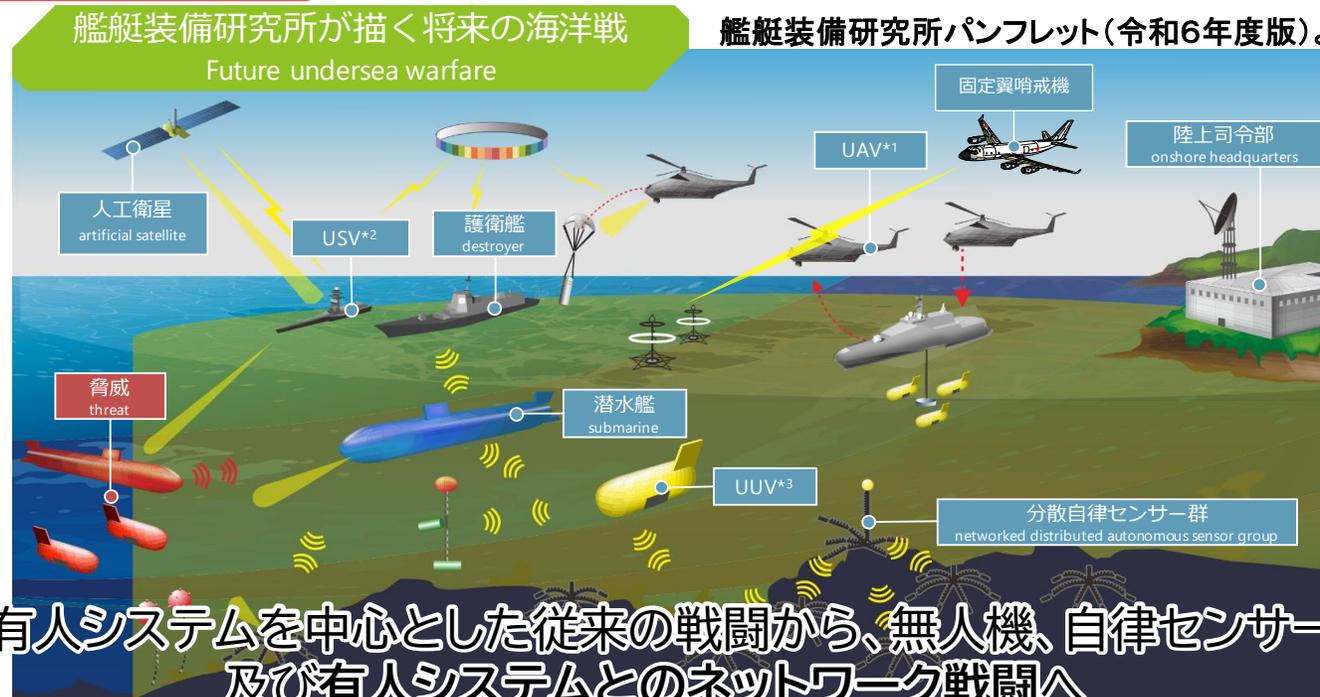
① スタンド・オフ防衛能力　② 統合防空ミサイル防衛能力
③ 無人アセット防衛能力　④ 領域横断作戦能力　⑤ 指揮統制・情報関連機能
⑥ 機動展開能力・国民保護　⑦ 持続性・強靱性

✓ 艦艇装備研究所が主に注力する分野

*：国家防衛戦略（概要）2022年12月　防衛省

● **艦艇装備研究所における将来の海洋戦のために取り組む「3つの柱」：**

①「海洋の可視化」 ②「艦艇のステルス性の向上」 ③「海洋無人機の実用化」

艦艇装備研究所パンフレット（令和6年度版）より引用、追記

護衛艦や潜水艦等の有人システムを中心とした従来の戦闘から、無人機、自律センサー群等の無人システム及び有人システムとのネットワーク戦闘へ

*1:Unmanned Aerial Vehicle *2:Unmanned Surface Vehicle *3:Unmanned Underwater Vehicle

# 説明次第

# 2. 海洋の可視化の実現に向けて（1／3）

**「海洋の可視化」:目に見えない海洋環境（水温、塩分、海底地形、海底地質等）を把握し、視覚化すること。**

## ① 海中の状況・物体は音波で把握

海中は電波も光も減衰が大きい  比較的減衰が少ない**音波**が主な探知手段

## ② 音波は海洋環境により"伝わり具合"（伝搬状況）が変化

**海洋環境（水温、塩分、海底地形、海底地質等）の変化によって音波が曲がる、減衰する**

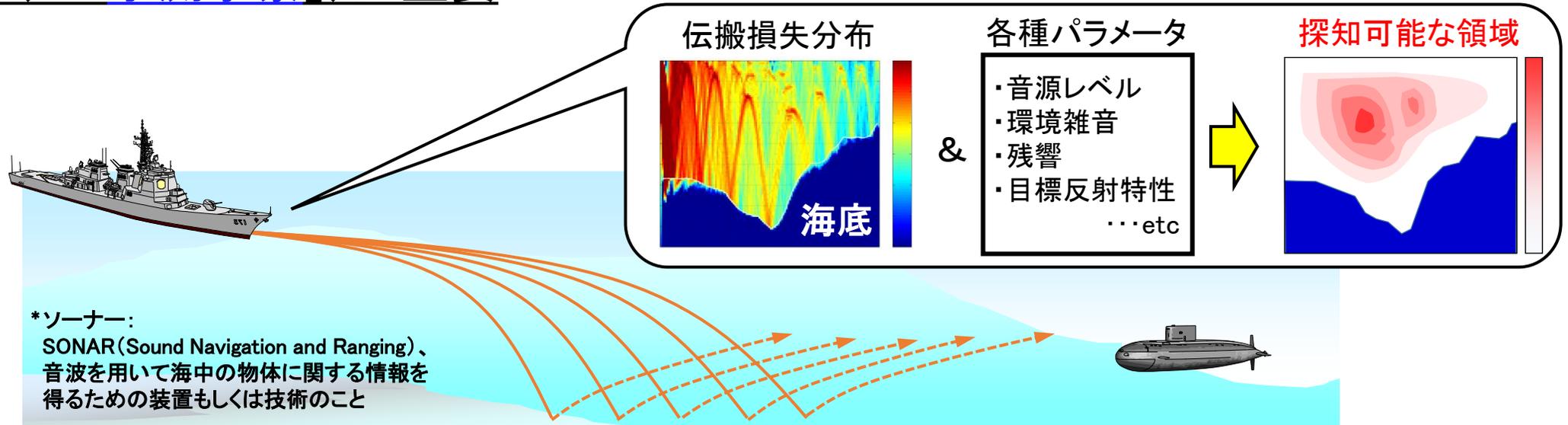
⇨ **実環境で音波で水中の脅威の位置を正確に把握することは難しい**

**海洋の可視化により音波伝搬状況の正確な予測を実現できる。**

# 2. 海洋の可視化の実現に向けて(2/3)

**運用場面においては可視化した海洋環境情報を利用し、脅威を探知する必要がある。**

➢ **海洋環境情報をもとに、音波の伝搬状況を計算し、ソーナー*で探知可能な領域を予測すること(=「水測予察」)が重要**

*ソーナー:
SONAR(Sound Navigation and Ranging)、
音波を用いて海中の物体に関する情報を得るための装置もしくは技術のこと

**時間と場所ごとに変化する音波伝搬状況を正確に把握することが重要**

**海洋環境のリアルタイムかつ正確な把握による、水測予察の精度向上が重要**

# 2. 海洋の可視化の実現に向けて(3/3)

## ◆海洋情報を把握するための取組の一例

人工衛星からの海面データ(高度、水温、塩分濃度等)取得による海況予報

収集情報の共有

研究テーマ①:
海洋可視化ツールの構築

洋上でのリアルタイム情報による音波伝搬状況の予測

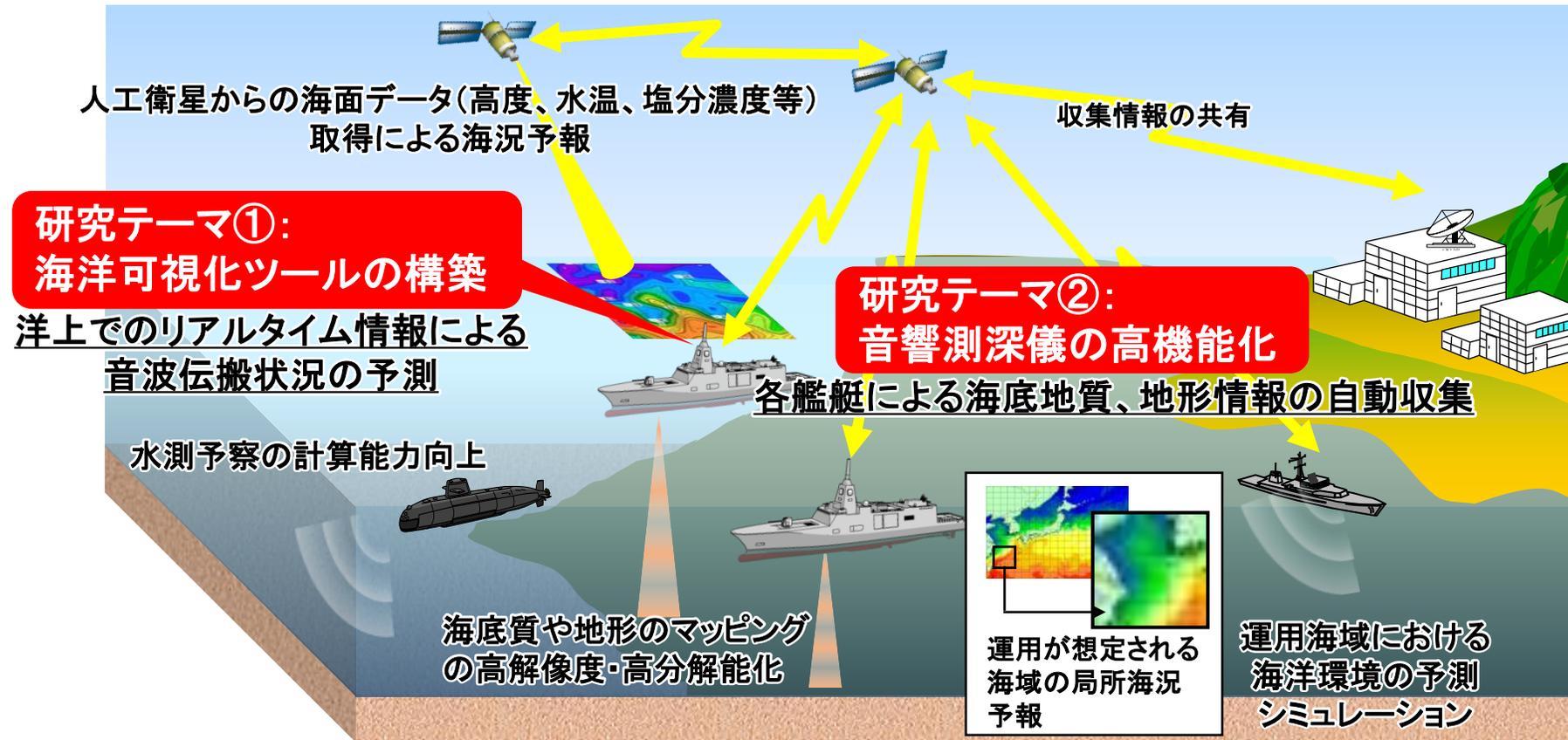
研究テーマ②:
音響測深儀の高機能化

各艦艇による海底地質、地形情報の自動収集

水測予察の計算能力向上

海底質や地形のマッピングの高解像度・高分解能化

運用が想定される海域の局所海況予報

運用海域における海洋環境の予測シミュレーション

- 研究テーマ①:海洋可視化ツールの構築(「リアルタイム性」、**水温、塩分、海底地形の可視化**)
- 研究テーマ②:音響測深儀の高機能化(「正確性」、**海底地質、海底地形の高解像度化**)

について紹介

# 説明次第

研究テーマ①

# 3. 海洋可視化ツールの構築(1/5)

## 目標:洋上でリアルタイムに更新される公開情報から簡便に音波伝搬状況をユーザーに提供

✓ **従来**:精緻な予報情報は、地上のスーパーコンピューターで実施し、大量のデータを出航時に入手、活用

**海洋可視化ツールを活用して公開情報からデータを取得する流れ(イメージ)**

公開情報の一例

気象庁 Japan Meteorological Agency

GRIB2フォーマット
⇒別途、
出力プログラム
が必要

海況予報情報

Copernicus

Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS)

衛星観測情報

etc...

公開情報

陸上サーバー

✓公開情報を扱いやすいようデータベース化

配信

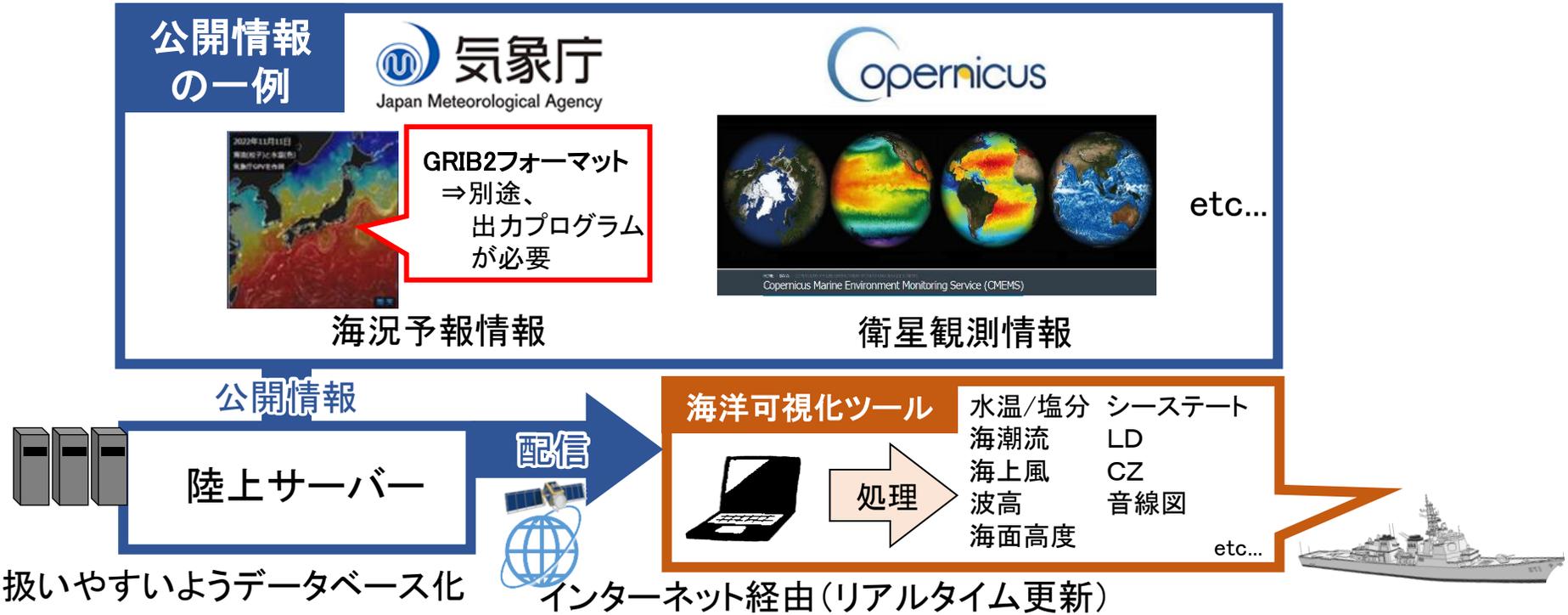
インターネット経由(リアルタイム更新)

海洋可視化ツール

処理

水温/塩分
海潮流
海上風
波高
海面高度

シーステート
LD
CZ
音線図

etc...

**洋上でリアルタイムに最新海況情報(現在値、予報値)を取得可能な仕組みを構築**

防衛装備庁

研究テーマ①

# 3．海洋可視化ツールの構築（2／5）

「操作性」と「有用性」に重点を置き、早期にユーザーに届ける。
（アジャイル型開発方式の取込み）

## 構築の流れのイメージ

海洋可視化ツール

✓ 単純なユーザーインターフェース

音線表示

（例）表示画面と操作画面を
同一画面に表示可能に変更

① プロトタイプの構築

② 部隊へのヒアリング

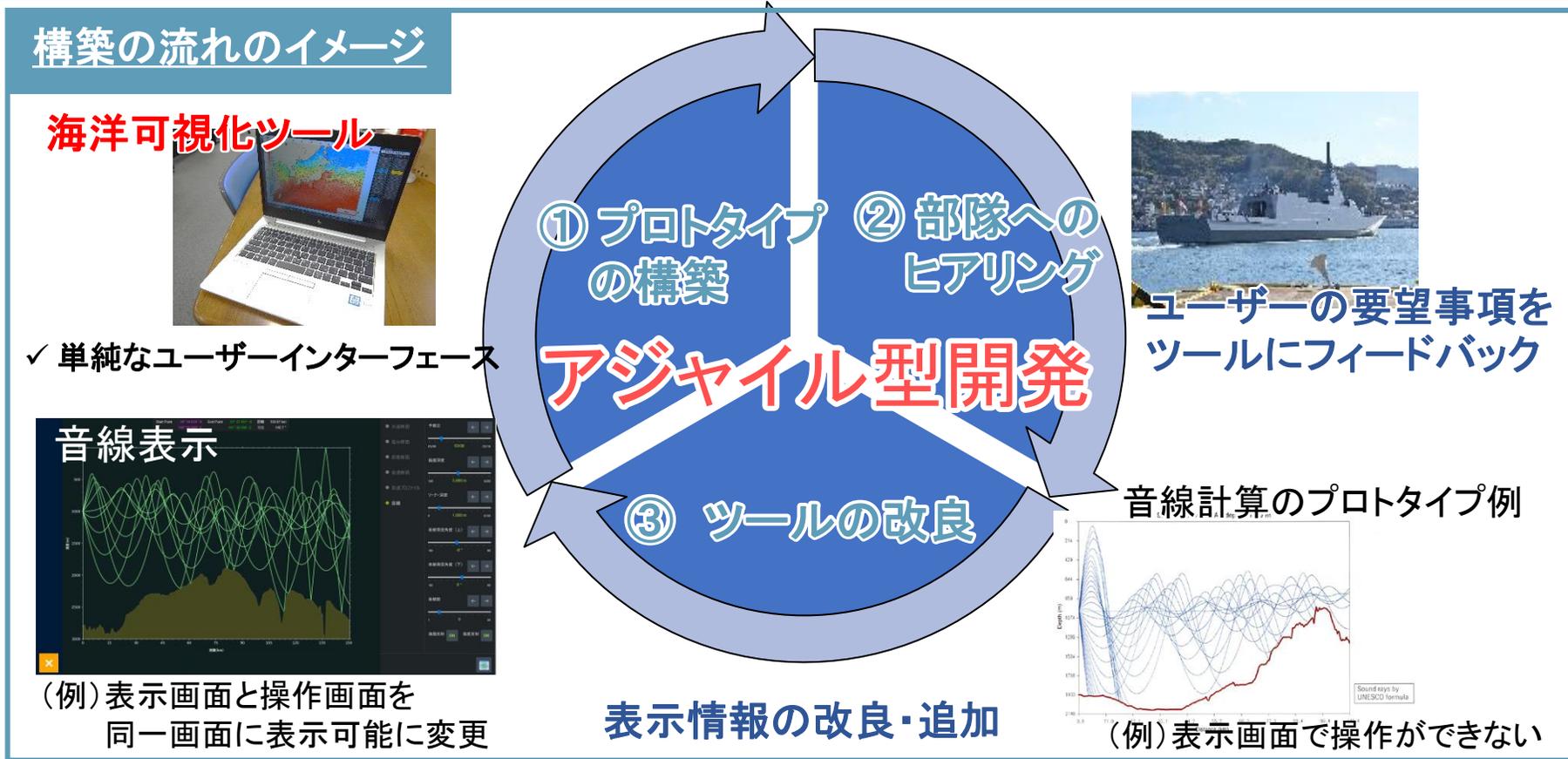
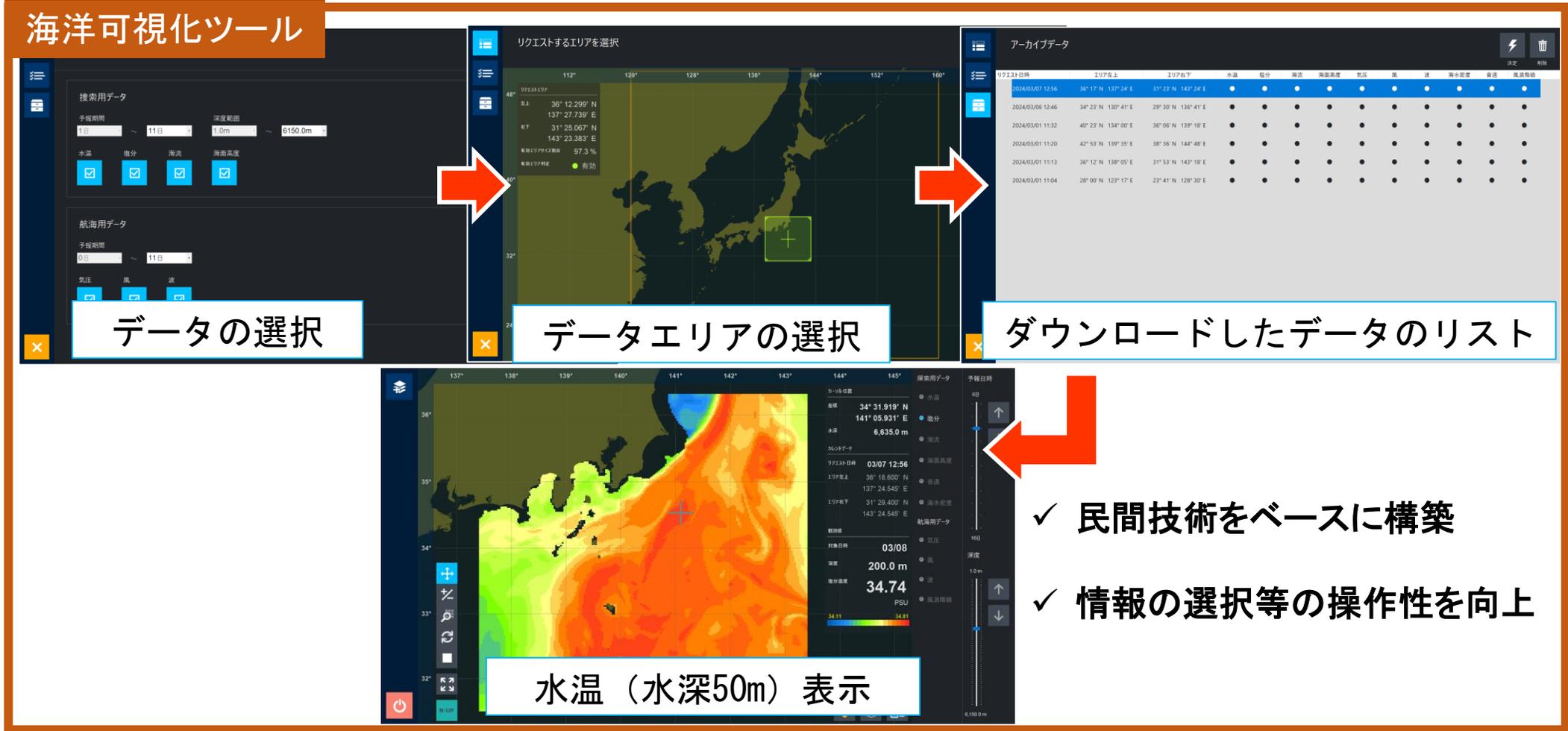
③ ツールの改良

アジャイル型開発

ユーザーの要望事項をツールにフィードバック

音線計算のプロトタイプ例

表示情報の改良・追加

（例）表示画面で操作ができない

**まずはユーザーに使用してもらい、フィードバックを生かしてツールを早期に実用化**

防衛装備庁

研究テーマ①

# 3．海洋可視化ツールの構築（3／5）

## ◆海洋可視化ツールの「操作性」

海洋可視化ツール

データの選択

データエリアの選択

ダウンロードしたデータのリスト

水温（水深50m）表示

✓ 民間技術をベースに構築

✓ 情報の選択等の操作性を向上

**公開情報から特定の海域の情報を速やかに表示することが可能**

研究テーマ①

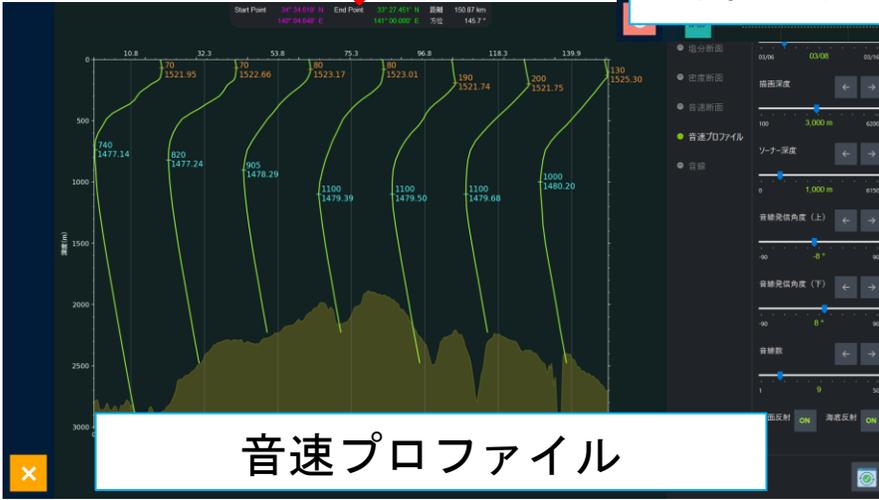
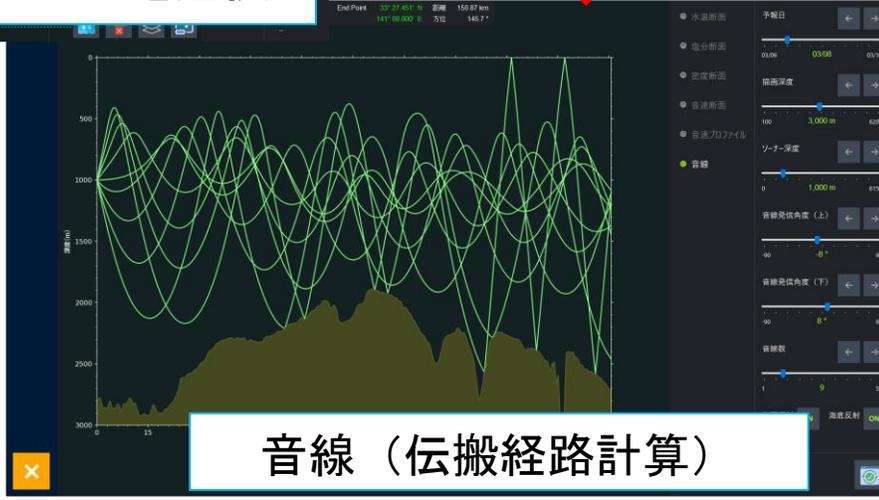
# 3. 海洋可視化ツールの構築(4/5)

## ◆海洋可視化ツールの「有用性」

海洋可視化ツール

始点

終点

鉛直断面とする任意の2点を選択

音速プロファイル

音線(伝搬経路計算)

**公開情報から鉛直断面(深度方向)の音波伝搬計算を実施可能**

防衛装備庁



# 3．海洋可視化ツールの構築（3／5）

## ◆海洋可視化ツールの「操作性」、「有用性」

*海上保安庁が公開、運営するウェブサービス（https://msil.go.jp）

海洋可視化ツール

✓ 音波伝搬計算に必要な情報に**特化**

海洋状況表示システム（海しる）*

✓ 多用途、汎用的に情報を**網羅**

**直感的に操作可能で運用に有用な情報に迅速にアクセスできるツールを構築**

# 説明次第

1. 海洋の防衛に向けた取り組みの方向性
2. 海洋の可視化の実現にむけて
3. 研究テーマ①:海洋可視化ツールの構築
4. 研究テーマ②:音響測深儀の高機能化
5. まとめ・今後の展望

防衛装備庁

研究テーマ②

# 4．音響測深儀の高機能化（1／2）

## 目標：既存の装備品を活用して、より早く、精緻に海底地質、海底地形を取得

✓ **従来**：水測予察計算に用いる広大な日本近海全体の海底地質、海底地形の取得には時間と労力が必要

***音響測深儀**：船底から海底までの距離（水深）を音響信号の反射により計測する機器

**従来の機能：水深計測**

音響測深儀

音波

深度

砂

水深表示例

深度＝反響音到達までの時間×音速÷2

音響測深儀*

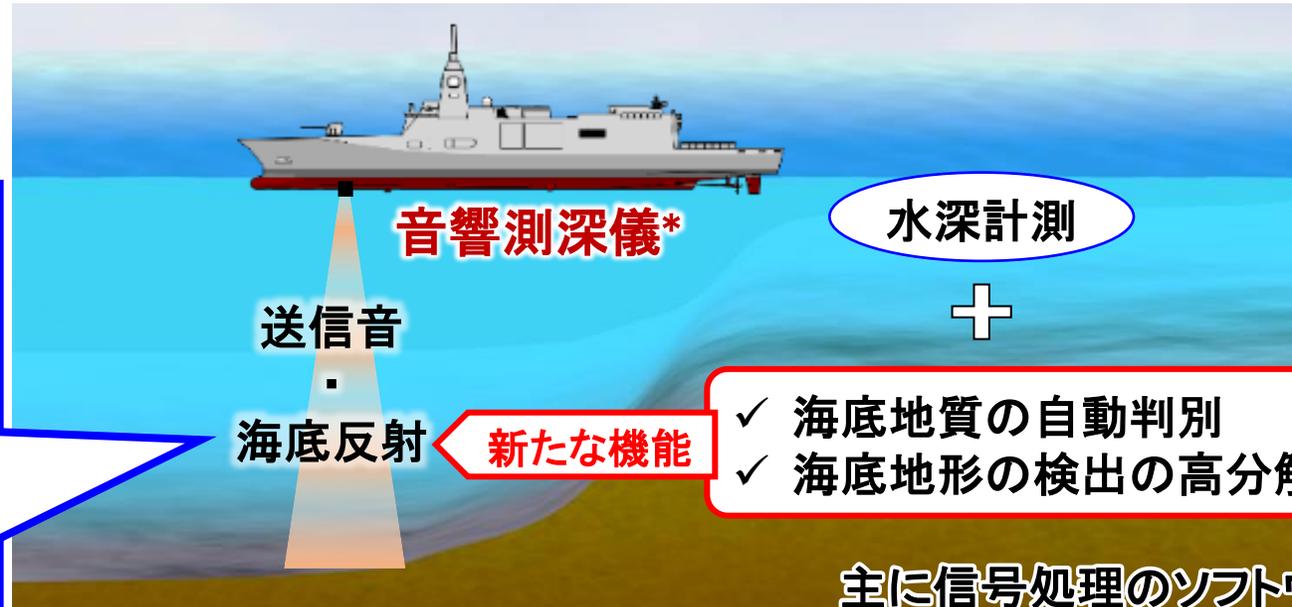
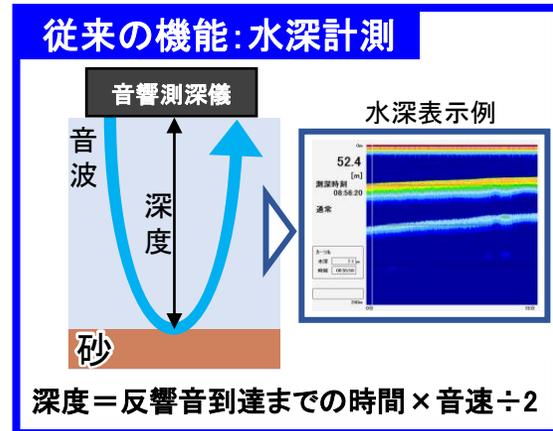
送信音

・

海底反射

水深計測

＋

新たな機能

✓ 海底地質の自動判別

✓ 海底地形の検出の高分解能化

主に信号処理のソフトウェアにAI技術を適用

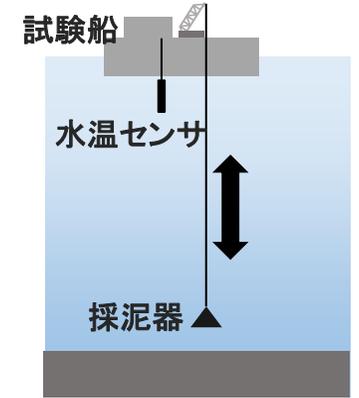
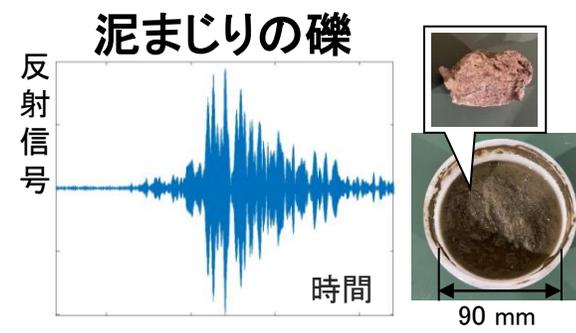
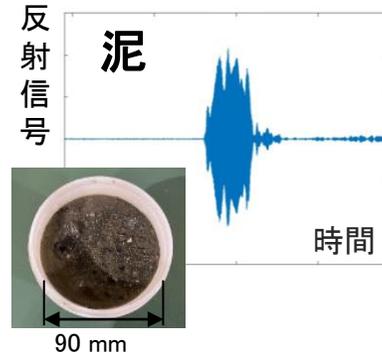
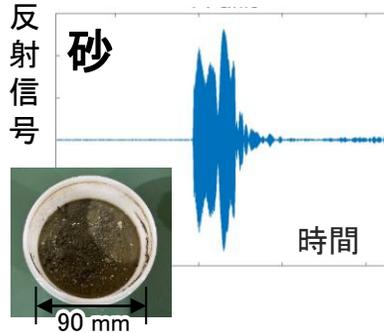
➢ 反射波形の特性から海底地質を推定

**海底地質、海底地形データベースの拡充を加速、水測予察の精度向上を図る。**

# 4. 音響測深儀の高機能化（2／2）

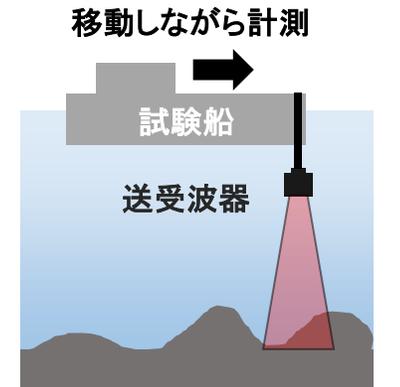
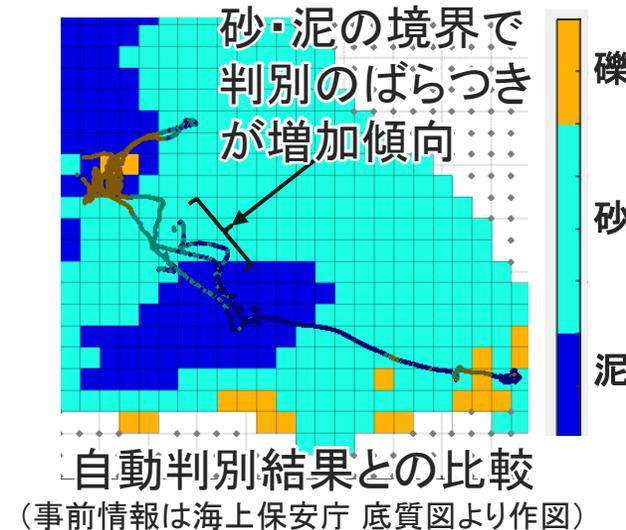
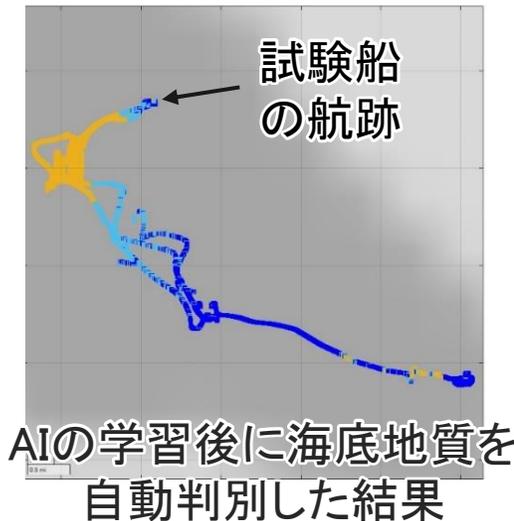
## ◆実海域試験による検証（海底地質の自動判別）

① **海底の各地質に対する反射信号をAIの学習用データとして取得、AIを学習**

○ 反射信号の例

採泥のイメージ

② AIにより**海底地質を自動判別**

AIの学習後に海底地質を
自動判別した結果

自動判別結果との比較
（事前情報は海上保安庁 底質図より作図）

音響計測のイメージ

**AIの精度を高め、技術実証をしつつ早期装備化を図る**

# 説明次第

# 5. まとめ・今後の展望

- 水中の脅威を監視・早期発見には、音波の伝搬を正確に予測するための水測予察計算の精度向上が必要不可欠
- 水測予察計算の精度向上において必要となる海洋環境情報に関連する研究により「海洋の可視化」の実現を目指す。
- 海上自衛隊の部隊等とも密に連携し、運用に即した装備品の早期実用化を目指していく。

# 以下、補足資料

# 海洋の防衛に向けた取り組みの方向性(1／2)

我が国の防衛力の抜本的な強化(国家防衛戦略より抜粋)

## 防衛力の抜本的強化の7つの柱

＊:国家防衛戦略(概要) 2022年12月

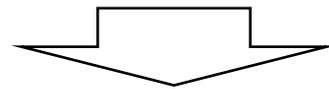
➢ 我が国への**侵攻そのものを抑止**するために、遠距離から侵攻戦力を阻止・排除

①スタンド・オフ防衛能力　②統合防空ミサイル防衛能力

➢ 抑止が破られた場合、①と②の能力に加え、**領域を横断して優越を獲得し、非対称的な優勢を確保**

③無人アセット防衛能力　④領域横断作戦能力　⑤指揮統制・情報関連機能

➢ **迅速かつ粘り強く活動**し続けて、相手方の侵攻意図を断念

⑥機動展開能力・国民保護　⑦持続性・強靭性

## □ 艦艇装備研究所が主に注力する分野

新しい戦い方に対応するために必要な機能・能力:

③無人アセット防衛能力　④領域横断作戦能力　⑤指揮統制・情報関連機能

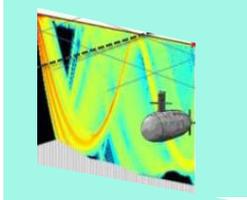
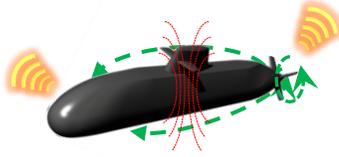
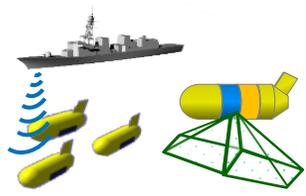
# 海洋の防衛に向けた取り組みの方向性(2／2)

(艦艇装備研究所としての取組の方向性)

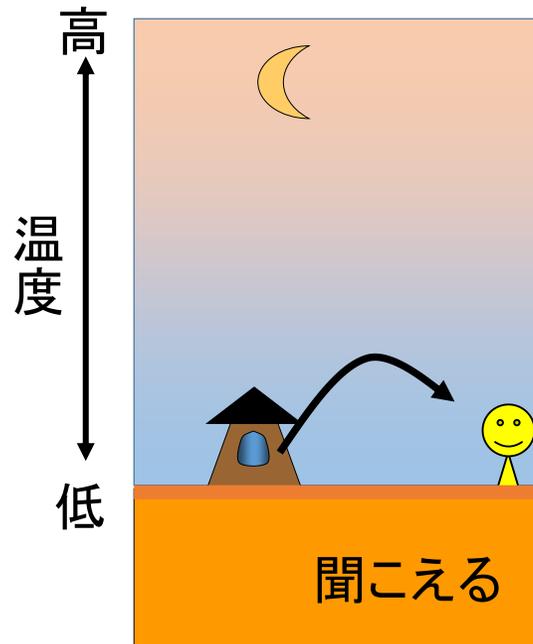
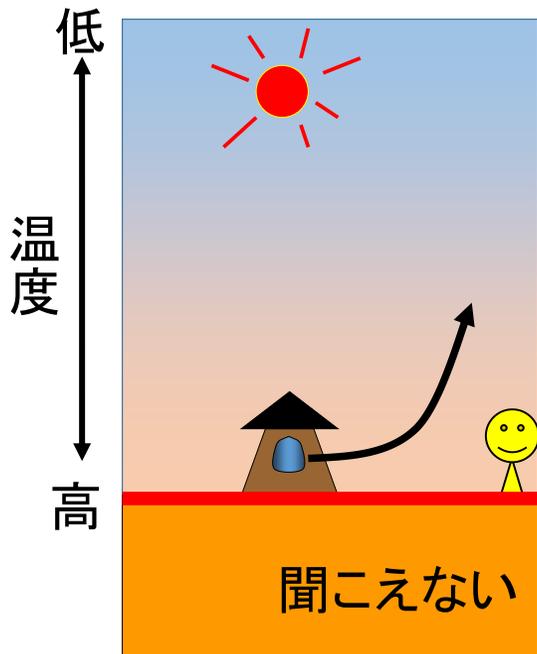
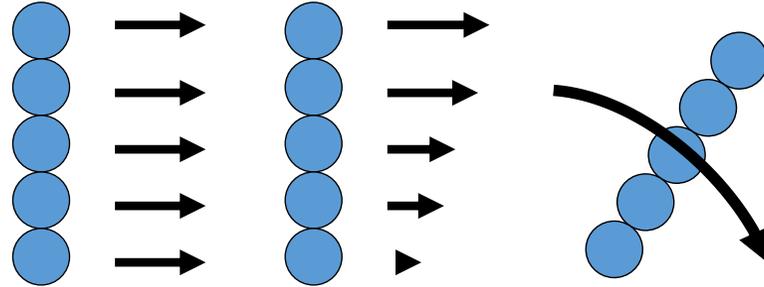
- 艦艇装備研究所が描く将来の海洋戦

護衛艦や潜水艦等の有人システムを中心とした従来の戦闘から、無人機、自律センサー群等の無人システム及び**有人システムとのネットワーク戦闘**へ変化

- 水中における戦いにおける重視事項:

| ・無人機・無人センサ主体の広大な監視網と能力向上した有人艦との協調により海洋戦全体システムの最適化 | ⇒ 従来探知困難な水中の脅威について、探知能力の向上を目的とした「**海洋の可視化**」 | |
|---|---|---|
| ・被探知防止能力及び探知能力の向上により、安全かつ秘密裡に任務の遂行 | ⇒ 脅威による探知・攻撃に対応するための「**艦艇のステルス向上**」等能力向上 | |
| ・多数の無人機が有機的に協調し、警戒監視、支援、対処等を自律的に遂行 | ⇒ 脅威からの人的被害を極限し、各種ミッションを持続的に遂行する「**海洋無人機の実用化**」 | |

# 媒質中の音波伝搬の特徴

音速：約340m/s（空気中） ⟺ 約1500m/s（水中）
空気中・水中ともに温度が増加するほど音速は増加する
水中では水圧（深度）と塩分濃度も音速に影響する

音速の遅い方へ
音波は屈折する

陸上でも昼と夜で
遠距離からの音の
聞こえ方が変わる

海中ではさらに複雑
な伝搬をとる

# 音響測深儀の高機能化：AIモデルの評価

TP：True Positive
FP：False Positive
FN：False Negative
TN：True Negative

$$適合率 = \frac{TP}{TP+FP}$$

$$再現率 = \frac{TP}{TP+FN}$$

F1−score(※)：0.94

海底地質の自動判別の結果の一例
（混同行列）

※F1-score：適合率と再現率の調和平均
・・・不均衡なデータセットに対してバランス良くモデルを評価する指標。0.9以上であれば良好。

適合率：陽性と予測したデータの中で実際に陽性が正解だった確率
再現率：正解値が陽性であるデータ全体のうち、予測値も陽性で正解だった確率